

Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых
и пищевых производств»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине

M.1.2.6 «Структура и свойства электрохимических покрытий»

Направление подготовки **18.04.01 «Химическая технология»**

Профиль «Химическая технология композиционных материалов и покрытий»
Квалификация - магистр

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 3

зачетных единиц – 4

всего часов – 144

в том числе:

лекции – 16

практические занятия – нет

лабораторные занятия – 32

самостоятельная работа – 96

зачет – нет

экзамен – Зсеместр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании
кафедры ТОХП

20.06.2022 года, протокол №10

Зав. кафедрой Левкина Н.Л.Левкина

Рабочая программа утверждена
на заседании УМКН направления ХМТН

27.06.2022 года, протокол №5

Председатель УМКН Левкина Н.Л.Левкина

Энгельс 2022

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: формирование знаний по процессам возникновения и роста металлической фазы в условиях электролиза, структуре и свойствам формирующихся электрохимических покрытий.

Задачи изучения дисциплины:

- освоение теоретических основ процесса зародышеобразования;
- освоение факторов, влияющих на кинетику электрохристаллизации, структуру и свойства покрытий;
- ознакомление с методами изучения структуры и свойств электрохимических покрытий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина М.1.2.6. «Структура и свойства электрохимических покрытий» относится к вариативной части Блока 1 ОПОП ВО по направлению 18.04.01 «Химическая технология». Для ее освоения необходимы знания по дисциплинам учебного плана подготовки бакалавров: «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Физико-химические методы анализа», а также по дисциплинам магистерской подготовки: «Приоритетные электрохимические технологии», «Инструментальные методы исследования в химической технологии».

Знания, полученные обучающимися по дисциплине «Структура и свойства электрохимических покрытий», развиваются и углубляются в дальнейшем при изучении студентами профильных дисциплин, при прохождении практик и ГИА.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенции ПК-2:

ПК-2 - Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования.

В результате освоения дисциплины:

студент должен знать:

основные уравнения термодинамики, кинетики и механизма в процессах электрохимического фазообразования;

студент должен уметь:

применять научно-техническую информацию по кинетике и механизму образования и роста новой фазы к анализу результатов исследования;

студент должен владеть:

навыками интерпретации и обобщения результатов исследований для установления взаимосвязи свойств электрохимических осадков с кинетикой и механизмом их образования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ПК-2. Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования	ИД-4пк-2 Использует современные приборы и методики, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий, проводит эксперименты, испытания, обработку и анализ полученных результатов.
Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Наименование показателя оценивания (результаты обучения по дисциплине)
ИД-4пк-2 Использует современные приборы и методики, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий, проводит эксперименты, испытания, обработку и анализ полученных результатов.	<p>Знать:</p> <p>основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий;</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки и анализа полученных результатов.</p>

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо- ду- ля	№ Не- де- ли	№ Те- мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек- ции	Кол- лок- виу- мы	Лабора- торные	Прак- тичес- кие	CPC
3 семестр									
1	1,2	1	Электрокристаллизация металлов	32	4	-	8	-	20
	3	2	Рост кристаллов при электролизе .Формирование сплошных покрытий.	24	2	-	6	-	16
	4,5	3	Структура и свойства электролитических покрытий.	32	4	-	8	-	20
2	6,7	4	Методы изучения структуры электролитического осадка.	27	3	-	4	-	20
	7,8	5	Физико-химические и механические свойства электролитически осаждённых покрытий.	29	3	-	6	-	20
Всего				144	16	-	32	-	96

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ Лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Ученометодическое обеспечение
1	4	1, 2	<u>Электрокристаллизация металлов.</u> Стадии процесса электроосаждения металлов на жидких и твёрдых катодах. Образование кристаллических зародышей (нуклеация). Механизмы нуклеации: Фольмера- Вебера, Франка- Ван-дер-Мерве, Странского- Крастанова. Кинетика массовой нуклеации. Анализ типа нуклеации методом потенциостатических кривых.	1-6
2	2	3	<u>Рост кристаллов при электролизе. Формирование сплошных покрытий.</u> Характер растущей поверхности: слои, ступени, изломы. Влияние состава электролита на формирование сплошных покрытий.	1-6
3	4	4,5	<u>Структура и свойства электролитических покрытий.</u> Классификация кристаллических структур электролитических покрытий. Дефекты кристаллического строения: линейные, поверхностные. Макроскопические дефекты покрытий. Дисперсность покрытий. Текстура металлов и сплавов. Аморфные покрытия. Влияние режима электролиза, состава электролита на структуру кристаллического осадка.	1-6, 10,13-19
4	3	6,7	<u>Методы изучения структуры электролитического осадка.</u> Использование электронной микроскопии при изучении морфологии электролитических осадков. Анализ структуры и состава осадка методом рентгеновской дифрактометрии. Рентгенофлуоресцентный метод анализа состава покрытия и материала подложки. Достоинства и недостатки методов	2, 3, 5, 13-19
5	3	7,8	<u>Физико-химические и механические свойства электролитически осаждённых покрытий.</u> Взаимосвязь структуры покрытий и свойств осадка: -микротвёрдость, шероховатость, коррозионная стойкость и др. Влияние состава электролита, режима электролиза на состав и свойства формирующегося покрытия.	2, 3, 5, 13-19
Итого	16			

6. Содержание коллоквиумов

Учебным планом не предусмотрены

7. Перечень практических занятий

Учебным планом не предусмотрены

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы.	Ученометодическое обеспечение
1	8	Потенциостатический метод исследования механизма зародышеобразования	7, 8, 10-12
2	6	Электроосаждение металлов в гальванистическом режиме электролиза. Определение выхода по току, перенапряжения процесса, анализ морфологии поверхности.	7, 8, 10-12
3	8	Влияние режима электролиза, состава электролита на структуру гальванического осадка. (Использование нестационарного электролиза, дофазового осаждения металлов).	7, 8, 10-12
4	4	Морфологический анализ электролитически осаждённого покрытия.	7, 8, 10-12
5	6	Влияние режима электролиза на структуру и коррозионную стойкость гальванического покрытия.	7, 8, 10-12
Всего	32		

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Ученометодическое обеспечение
1	2	3	4
1	20	Электродный потенциал. Равновесный, стационарный потенциалы. Перенапряжение процесса. Поляризационные кривые. Поляризуемость. Термодинамика нуклеации. Нуклеация гомогенная, гетерогенная. Связь свободной энергии при образовании трёхмерного зародыша с удельной поверхностной свободной энергией	1-16
2	16	Особенности формирования сплошных осадков легкоплавких металлов: свинца, цинка, кадмия и др. Электрокристаллизация сплавов. Способы сближения электродных потенциалов при электроосаждении сплавов.	1-16
3	20	Поликристаллический осадок. Дефекты упаковки кристаллической решётки. Двойниковые границы в кристалле. Влияние состава электролита и режима электролиза на образование двойников. Точечные дефекты. Дислокации. Текстура. Текстура сплавов. Примеси в гальванических осадках. Неоднородность покрытия.	1-16
4	20	Методы изучения структуры гальванического осадка: световая микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновская дифрактометрия, растровая электронная микроскопия, Оже-спектроскопия, фотоэлектронная спектроскопия.	1-16

5	20	Определение механических свойств гальванических покрытий: шероховатости, блеска, растяжения, внутренних напряжений, прочности сцепления металла с основой, износстойкости. Способы определения. Оборудование. Определение толщины покрытия разрушающими и неразрушающими методами. Пористость покрытия. Электрические и магнитные свойства покрытий.	1-6
Всего	96		

10. Расчетно-графическая работа
Учебным планом не предусмотрена

11. Курсовая работа
Учебным планом не предусмотрена

12. Курсовой проект
Учебным планом не предусмотрен

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины М.1.2.6 «Структура и свойства электрохимических покрытий» должна сформироваться профессиональная компетенция ПК-2.

ПК-2 - Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования.

Уровни освоения компонент компетенций

Ступени уровней освоения	Содержательное описание уровня	Основные признаки уровня освоения компетенций
Пороговый (удовлетворительно)	Обязательный для всех студентов – выпускников вуза по завершению освоения ОПОП ВО	зnaet: частично основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий; умеет: на минимально приемлемом уровне осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий; владеет: на минимально приемлемом уровне навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки

		анализа полученных результатов.
Продвинутый (хорошо)	Превышение минимальных характеристик сформированности компетенций выпускника вуза для	знает: в достаточной степени основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий; умеет: на достаточном уровне осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий; владеет: на достаточном уровне навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки и анализа полученных результатов.
Высокий (отлично)	Максимально возможная выраженность компетенций, важен для самосовершенствования уровень для	знает: основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий; умеет: осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий; владеет: навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки и анализа полученных результатов.

Для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины М.1.2.6 «Структура и свойства электрохимических покрытий» проводится промежуточная аттестация в виде экзамена. Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине М.1.2.6 «Структура и свойства электрохимических покрытий» учитывает успешную работу студента на лабораторных занятиях, выполнение СРС и сдачу экзамена.

Работа на лабораторных занятиях считается выполненной, если обучающийся выполнил экспериментальную часть, квалифицированно обработал

полученные результаты, сделал выводы и отчитался по теоретическому материалу лабораторной работы. Самостоятельная работа считается успешно выполненной, в случае если проработан теоретический материал по каждой теме (задания соответствуют пункту 9 рабочей программы). Отчёт по СРС представляется в виде реферата.

В конце семестра обучающийся отвечает на вопросы экзаменационного билета по изучаемому материалу. Оценивание ответа проводится по 4 балльной шкале. В качестве критериев оценивания используются анализ глубины знаний, умение обоснованно, аргументировано ответить на поставленный вопрос, привести конкретные примеры. При оценивании знаний используется индикатор компетенции ПК-2. Предварительная оценка знаний проводится по разработанным тестам.

Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 3 вопроса из перечня «Экзаменационные вопросы». Оценивание проводится по принципу «отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно».

«Отлично» ставится, когда обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с заданиями, владеет навыками и приемами выполнения практических работ, обнаруживает умение самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок;

«Хорошо» ставится, когда обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических заданий

«Удовлетворительно» ставится, когда обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий

«Неудовлетворительно» ставится, когда обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы

Вопросы к экзамену

1. Стадии процесса электроосаждения металлов на жидких и твёрдых катодах.
2. Образование кристаллических зародышей (нуклеация). Механизмы нуклеации: Фольмера-Вебера, Франка-Ван-дер-Мерве, Странского-Крастанова.
3. Кинетика массовой нуклеации.
4. Термодинамика нуклеации.
5. Нуклеация гомогенная, гетерогенная.

6. Связь свободной энергии при образовании трёхмерного зародыши с удельной поверхностной свободной энергией
7. Анализ типа нуклеации методом потенциостатических кривых.
8. Анализ механизма зародышеобразования гальваностатическим методом.
9. Характер растущей поверхности: слои, ступени, изломы.
10. Влияние состава электролита на формирование сплошных покрытий.
11. Поликристаллический осадок. Дефекты упаковки кристаллической решётки.
12. Двойниковые границы в кристалле. Влияние состава электролита и режима электролиза на образование двойников.
13. Дефекты кристаллической решётки. Точечные дефекты. Дислокации.
14. Текстура. Типы текстур.
15. Примеси в гальванических осадках. Неоднородность покрытия.
16. Взаимосвязь структуры покрытий и свойств осадка. Показать на примере микротвёрдости, шероховатости, коррозионной стойкости.
17. Влияние состава электролита на состав и свойства формирующегося покрытия.
18. Влияние режима электролиза на структуру и свойства покрытия
19. Определение механических свойств гальванических покрытий: шероховатости, внутренних напряжений, прочности сцепления металла с основой, износстойкости.
20. Методики определения прочности сцепления металла с основой, износстойкости.
21. Оборудование, используемое при измерении микротвёрдости, износстойкости, прочности сцепления материала с основой.
22. Определение толщины покрытия разрушающими и неразрушающими методами.
23. Пористость покрытия. Способы определения пористости покрытий.
24. Электрохимические способы оценки коррозионной стойкости покрытий.
25. Определение массового показателя коррозии.
26. Электрические и магнитные свойства покрытий.
27. Использование электронной микроскопии при изучении морфологии электролитических осадков.
28. Анализ структуры и состава осадка методом рентгеновской дифрактометрии.
29. Рентгенофлуоресцентный метод анализа состава покрытия и материала подложки. Возможности и недостатки метода.
30. Метод растровой электронной микроскопии и его использование при изучении гальванических осадков.

Практические задания для экзамена

Задание 1 Варианты 1-3. Определить механизм зародышеобразования при электроосаждении металла в гальванистическом режиме. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 2 Варианты 1-3. Определить перенапряжение кристаллизации при электроосаждении металла. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 3 Варианты 1-3. Определить перенапряжение процесса электроосаждения металла. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 4 Варианты 1-3. Охарактеризовать механизм нуклеации при электроосаждении металла, используя экспериментальные данные потенциостатического исследования. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 5 Варианты 1-3. По представленным микрофотографиям охарактеризовать морфологию поверхности электроосаждённого покрытия.

Задание 6 Варианты 1-3. Рассчитать массовый показатель коррозии для электроосаждённого покрытия. Сделать вывод о влиянии режима электролиза (состава электролита). Данные предоставляются преподавателем.

14. Образовательные технологии

При чтении лекций используются презентации, учебные фильмы, позволяющие наиболее информативно и наглядно изложить материал. На лабораторных занятиях проводится закрепление теоретических знаний по дисциплине. При проведении модулей используются интерактивные формы обучения – проблемные вопросы, технология «мозговой штурм». Для выполнения цели и задач изучаемой дисциплины предусматривается самостоятельная работа обучающихся, требующая систематического изучения литературных источников. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 20%.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

1. Теоретическая электрохимия: учебник / А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Студент, 2013. - 496 с.

Экземпляры всего: 10

2. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности: учебник-монография / В.И. Ролдугин. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный: ИД "Интеллект", 2011. - 568 с.

Экземпляры всего: 9

3. Иванов, Н. Б. Физика и химия материалов и покрытий: учебное пособие / Иванов Н. Б. - Казань: Издательство КНИТУ, 2017. - 320 с. - ISBN 978-5-7882-2214-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222141.html> - Режим доступа : по подписке.

4. Салем Р.Р. Физическая химия: начала теоретической электрохимии / Р.Р. Салем. – М.: Комкнига, 2010. – 320 с.

5. Виноградова, С. С. Физические методы в исследованиях осаждения и коррозии металлов : учебное пособие / С. С. Виноградова - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 144 с. - ISBN 978-5-7882-1505-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788215051.html> - Режим доступа : по подписке.

6. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии: учебник / Ю.Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный: ИД "Интеллект", 2008. - 424 с.

Экземпляры всего: 9

7 Задачи по электрохимии: учеб. пособие / Е.В. Ченцова, Е.А. Савельева. – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 82 с.

Экземпляры всего: 25

Методические указания:

8. Теоретическая электрохимия: методические указания к лабораторному практикуму / Е.В.Ченцова, Е.А. Савельева: – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 56 с.

Экземпляры всего: 25

9. Самостоятельная работа студентов: методические рекомендации для студентов направлений 18.03.01 и 18.04.01 всех форм обучения/ Е.А. Савельева, Л.Н. Ольшанская, И.И. Фролова – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 37 с.

Экземпляры всего: 25

10. Ялымова Т.Ю. Теоретические и технологические основы получения композиционных электрохимических покрытий: Учебное пособие, перераб. и доп./ Т.Ю. Ялымова, Н.Д. Соловьева, А.В. Яковлев: – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022. – 60 с.

Экземпляры всего: 30.

11. Ялымова Т.Ю. Дофазовое осаждение металла и его влияние на скорость и свойства электроосаждаемого покрытия: Методические указания к лабораторным работам по курсам «Приоритетные электрохимические технологии», «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» для студентов направления 18.04.01 – Химическая технология, «Электрохимические технологии», «Методы исследования в электрохимии» для студентов направления 18.03.01 - Химическая технология, «Основы электрохимической технологии» для студентов направления 22.03.01 - Материаловедение и технология материалов / Т.Ю. Ялымова, Н.Д. Соловьева – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022. – 16 с.

Экземпляры всего: 30

12. Ялымова Т.Ю. Композиционные электрохимические покрытия: Методические указания к лабораторным работам по курсам «Приоритетные электрохимические технологии», «Теоретические основы электрохимического осаждения металлов и сплавов» для студентов направления 18.04.01 – Химическая технология; «Электрохимические технологии», «Методы

исследования в электрохимии» для студентов направления 18.03.01 - Химическая технология, «Основы электрохимической технологии» для студентов направления 22.03.01 - Материаловедение и технология материалов / Т.Ю. Ялымова, Н.Д. Соловьева – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2022. – 20 с.

Экземпляры всего: 30

Периодические издания

13. Перспективные материалы, https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7938.
- Доступные архивы 2003-2020 гг

14. Физико-химия поверхности и защита металлов,
https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=26652.- Доступные архивы 2008-2020 гг

15. Физика металлов и металловедение,
<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8250>. - Доступные архивы 2003 -2020 гг

Интернет-ресурсы

16. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

17. Электронно-библиотечная система IPRbooks

18. Электронно-библиотечная система Лань

19. ЭБС "Электронная библиотека технического университета.

16. Материально – техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 18 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук, подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 18 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

Оборудование

1. Фотометр фотоэлектрический КФК-3-01
2. Источник питания HY1502D 0-15V-2A 2xLCD
3. Потенциостат IPC Compact

4. Потенциостат IPC Micro
 5. Термостат LT-116в циркуляционный, цифровой терморегулирующий
 6. Устройство зарядно-выпрямительное «Электроника»
 7. Толщиномер покрытий TT210
 8. Исследовательский автоматизированный комплекс на базе прямого материаловедческого микроскопа Axio Imager.A2m с оптикой от Zeiss отраженного света светлого/темного поля, с общим увеличением 100x, 1000x, с высокоразрешающей видеокамерой, ПК и весовым столом
- Анализатор металлов X-MET 7500 (рентгенофлуоресцентный портативный энергодисперсионный спектрометр)
9. Ультразвуковой дефектоскоп A1214 EXPERT
 10. Профилометр TR220
 11. Весы электронные ВК - 600
- Весы аналитические РА64С

Рабочую программу составил:

профессор кафедры ТОХП  /Соловьева Н.Д./

17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

«_____» 202 ____ года, протокол № _____

Зав. кафедрой _____ / _____ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМК

«_____» 202 ____ года, протокол № _____

Председатель УМК института _____ / _____ /